

10593021

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
29. September 2005 (29.09.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/090955 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01N 27/407**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2005/050560**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
9. Februar 2005 (09.02.2005)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 013 545.2 19. März 2004 (19.03.2004) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]**; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

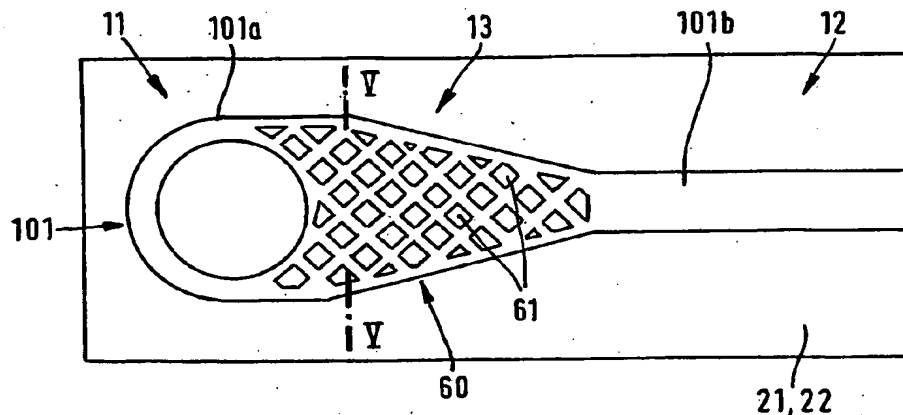
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHMITT, Rainer**  
[DE/DE]; Kunigundenstr. 5. 96129 Strullendorf (DE).

**WAHL, Thomas [DE/DE]**; Maximilianstr. 40/42, 75172  
Pforzheim (DE). **GUENSCHER, Harald [DE/DE]**;  
Dr. Wieland Strasse 20, 96161 Gerach (DE). **BRAUN,**  
**Harry [DE/DE]**; Wartmauerstr. 5, 71296 Heimsheim  
(DE). **TIEFENBACH, Andy [DE/US]**; Hills Tech Drive  
38000, Farmington Hills, Michigan 48331 (US). **EISELE,**  
**Ulrich [DE/DE]**; Boecklerstr. 6 B, 70199 Stuttgart  
(DE). **DIEHL, Lothar [DE/DE]**; Panoramastr. 73/2,  
70839 Gerlingen (DE). **MOSER, Thomas [DE/DE]**;  
Herrenwiesenweg 7, 71701 Schwieberdingen (DE).  
**RODEWALD, Stefan [DE/DE]**; Glemsstrasse 9, 71254  
Ditzingen (DE). **LINDAUER, Dieter [DE/DE]**; Raithstr.  
23, 75417 Muchlacker (DE). **SINDEL, Jürgen [DE/DE]**;  
Weizenstr. 60, 71665 Vaihingen/Enz (DE). **RADY, Dirk**  
[DE/DE]; Ellen-Key-Weg 8, 71696 Möcklingen (DE).  
**BUCHHOLZ, Frank [DE/DE]**; Umlandstr. 14, 72654  
Neckartenzlingen (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **SENSOR ELEMENT**

(54) Bezeichnung: **SENSORELEMENT**



(57) Abstract: The invention relates to a sensor element (10) serving, in particular, for detecting a gas component in a test gas, preferably for determining the oxygen concentration in an exhaust gas of an internal combustion engine. The sensor element (10) comprises a strip conductor (101), which is applied to a solid electrolyte (21, 22) and which has an electrode (101a) provided in a measuring area (11) of the sensor element (10), and an electrode supply (101b) leading to the electrode (101a) and being situated in a supply area (12) of the sensor element (10). A heating element (51) is provided for heating the measuring area (11) of the sensor element (10). The strip conductor (101) comprises a narrowing (60) in a transition area (13) between the measuring area (11) and the supply area (12). In addition, the electrode (101a) comprises a first electrode section (81) and a second electrode section (82). The first electrode section (81) is, in a transition area (13) between the measuring area (11) and the supply area (12), connected to the electrode supply (101b), and the first and second electrode sections (81, 82) are electrically connected to one another only on their sides situated opposite the supply area (12).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2005/090955 A1



(74) **Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;**  
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW,

GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Sensorelement (10) vorgeschlagen, das insbesondere dem Nachweis einer Gaskomponente in einem Messgas, vorzugsweise der Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in einem Abgas einer Brennkraftmaschine dient. Das Sensorelement (10) weist eine auf einem Festelektrolyten (21, 22) aufgetragenen Leiterbahn (101) auf, die eine in einem Messbereich (11) des Sensorelements (10) vorgesehene Elektrode (101 a) und eine zur Elektrode (101 a) führende, in einem Zuleitungsbereich (12) des Sensorelements (10) angeordnete Elektrodenzuleitung (101b) umfasst. Zur Beheizung des Messbereichs (11) des Sensorelements (10) ist ein Heizelement (51) vorgesehen. Die Leiterbahn (101) weist in einem Übergangsbereich (13) zwischen dem Messbereich (11) und dem Zuleitungsbereich (12) eine Verengung (60) auf. Als weiteren Aspekt der Erfindung umfasst die Elektrode (101a) einen ersten Elektrodenabschnitt (81) und einen zweiten Elektrodenabschnitt (82), wobei der erste Elektrodenabschnitt (81) in einem Übergangsbereich (13) zwischen dem Messbereich (11) und dem Zuleitungsbereich (12) mit der Elektrodenzuleitung (101b) verbunden ist, und wobei der erste und der zweite Elektrodenabschnitt (81, 82) nur auf ihren dem Zuleitungsbereich (12) abgewandten Seiten miteinander elektrisch verbunden sind.

5

Sensorelement

10

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Sensorelement nach dem Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche.

15

Ein derartiges Sensorelement ist beispielsweise aus der DE 100 13 882 A1 bekannt. Das planare Sensorelement ist in Siebdrucktechnik schichtförmig aufgebaut und enthält einen Messgasraum, in dem auf gegenüberliegenden Seiten zwei ringförmige Elektroden angeordnet sind. Die beiden Elektroden sind jeweils Teil einer elektrochemischen Zelle, zu der jeweils eine weitere Elektrode sowie jeweils ein zwischen den Elektroden angeordneter Festelektrolyt gehört. Die beiden im Messgasraum angeordneten Elektroden sind über eine ringförmige Diffusionsbarriere und eine Gaszutrittsöffnung mit einem außerhalb des Sensorelements befindlichen Messgas verbunden. Die eine der beiden elektrochemischen Zellen wird als Nernstzelle betrieben, bei der sich zwischen der Elektrode im Messgasraum und der weiteren einem Referenzgas ausgesetzten Elektrode eine Spannung (Nernstspannung) ausbildet, die ein Maß für das Verhältnis des Sauerstoffpartialdrucks an der Elektrode im Messgasraum und an der dem Referenzgas ausgesetzten Elektrode ist. Die andere der beiden elektrochemischen Zellen dient als Pumpzelle, durch die durch Anlegen einer Spannung Sauerstoff in den Messgasraum oder aus dem Messgasraum derart gepumpt wird, dass im

20  
25  
30

Die Elektroden sind am messseitigen Ende des Sensorelements, also im Messbereich des Sensorelements angeordnet, und mittels Zuleitungen mit Kontaktflächen verbunden, über die das Sensorelement mit einer außerhalb des Sensorelements angeordneten Auswerteschaltung

verbunden ist. Die Kontaktflächen sind am anschlussseitigen Ende des Sensorelements, also in einem Kontaktierungsbereich, auf die Außenflächen des Sensorelements aufgebracht. Zwischen dem Messbereich und dem Kontaktierungsbereich ist der Zuleitungsbereich vorgesehen, in dem die Zuleitungen zu den Elektroden angeordnet sind. Die Elektrode, die  
5 Zuleitung und die Kontaktfläche bilden zusammen eine Leiterbahn.

Die elektrochemischen Zellen im Messbereich des Sensorelements werden durch ein Heizelement auf eine Temperatur erwärmt, bei der der Festelektrolyt eine ausreichend gute Leitfähigkeit für Sauerstoffionen aufweist.

10

Bei einem derartigen Sensorelement ist nachteilig, dass über die Leiterbahn, insbesondere über die Elektrodenzuleitung, Wärme aus dem Messbereich des Sensorelements abgeleitet wird. Als Folge des Wärmeflusses aus dem Messbereich muss zum einen das Heizelement mit einer hohen Leistung betrieben werden, um den Messbereich des Sensorelements auf die  
15 erforderliche Temperatur zu heizen. Zum anderen wird das Sensorelement auch im Zuleitungsbereich und im Kontaktierungsbereich aufgeheizt, so dass die Sauerstoffionenleitfähigkeit des Festelektrolyten im Zuleitungs- und Kontaktierungsbereich ansteigt, wodurch das Messsignal beeinträchtigt werden kann. Durch den Wärmefluss aus dem Messbereich bildet sich zudem in der Elektrodenfläche ein Temperaturgradient aus, wodurch die Funktion der  
20 Elektrode und damit letztlich die Messfunktion des Sensorelements beeinträchtigt wird.

Weiterhin ist bekannt, Leiterbahnen mit offener Porosität vorzusehen, so dass sich an den Elektroden sogenannten Drei-Phasen-Grenzen ausbilden, an denen ein Sauerstoffübergang zwischen Gas und Festelektrolyt möglich ist. Weist die Leiterbahn eine im Messgasraum  
25 angeordnete Elektrode auf, und steht die Zuleitung der Leiterbahn mit dem Referenzgas in Verbindung, so ist nachteilig, dass das einen hohen Sauerstoffanteil enthaltende Referenzgas über die miteinander verbundenen Poren (offenen Porosität) der Leiterbahn in den Messgasraum gelangen kann. Da somit der Sauerstoffpartialdruck im Bereich der Elektrode verändert wird, wird das Messsignal verfälscht.

30

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Sensorelement mit den kennzeichnenden Merkmalen der unabhängigen Ansprüche hat demgegenüber den Vorteil, dass die Wärmeleitung aus dem Messbereich entlang der Leiterbahn vermindert wird, und dass die Elektrode über ihre Fläche eine weitgehend konstante Temperatur aufweist.

Hierzu weist die Leiterbahn mindestens eine Verengung auf, die derart gestaltet ist, dass die Wärmeleitung entlang der Längsrichtung der Leiterbahn aus dem Messbereich in den Zuleitungsbereich vermindert wird. Die Verengung ist in einem Übergangsbereich zwischen dem Messbereich und dem Zuleitungsbereich vorgesehen. Die Verengung kann als Einschnürung und/oder mittels einer Aussparung oder mehrerer Aussparungen realisiert werden.

Im Bereich der Verengung weist die Leiterbahn eine geringere Querschnittsfläche auf als in den der Verengung benachbarten Bereichen der Leiterbahn. Mit den der Verengung benachbarten Bereichen ist sowohl der Bereich zu verstehen, der sich an die Verengung in Richtung des Messbereichs anschließt, als auch der Bereich, der sich an die Verengung in Richtung des Zuleitungsbereichs anschließt. Würde man also die Querschnittsfläche entlang der Längserstreckung der Leiterbahn auftragen, so würde die resultierende Funktion im Bereich der Verengung ein Minimum aufweisen. Unter der Querschnittsfläche ist die Fläche der Leiterbahn in einer Ebene zu verstehen, die senkrecht zu dem Wärmegradienten steht, der sich durch die Beheizung des Messbereichs in der Leiterbahn ausbildet. Der Wärmegradient ist in der Regel parallel zur Längserstreckung der Leiterbahn gerichtet.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen der in den unabhängigen Ansprüchen genannten Sensorelemente möglich.

Bevorzugt beträgt die Querschnittsfläche im Bereich der Verengung höchstens 70 Prozent, insbesondere höchstens 50 Prozent der Querschnittsfläche der Leiterbahn in einem der Verengung benachbarten Bereich. Hierdurch vermindert sich die Fläche, durch die der Wärmefluss aus dem Messbereich in den Zuleitungsbereich erfolgen kann.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Verengung durch mindestens eine schlitzförmig ausgestaltete Aussparung ausgeführt, die eine längere und eine kürzere

Seite aufweist, wobei die längere Seite ungefähr senkrecht zur Längserstreckung der Leiterbahn angeordnet ist.

Bei einer alternativen Ausführungsform der Erfindung sind im Bereich der Verengung der  
5 Leiterbahn mehrere Aussparungen vorgesehen, durch die in der Leiterbahn eine netzartige Struktur ausgebildet wird. Besonders vorteilhaft sind die Aussparungen bezüglich der Längsachse der Leiterbahn zueinander versetzt angeordnet.

Bei einer weiteren alternativen Ausführungsform ist die Verengung als Einschnürung der  
10 Leiterbahn ausgestaltet, so dass die Breite der Leiterbahn im Bereich der Einschnürung kleiner ist als die Breite der Leiterbahn in den an die Einschnürung angrenzenden Bereichen. Besonders bevorzugt beträgt die Breite der Leiterbahn im Bereich der Einschnürung höchstens 70 Prozent, insbesondere höchstens 50 Prozent, der Breite der Leiterbahn in den an die Einschnürung angrenzenden Bereichen.

15 Durch die genannten Ausführungsformen wird die Wärmeleitung aus dem Messbereich in den Zuleitungsbereich wirkungsvoll vermindert.

Besonders vorteilhaft dient die Leiterbahn zusätzlich zur Abschirmung beispielsweise hoch-  
20 ohmig abgeschlossener Elektroden wie einer Referenzelektrode. Hierzu ist die Leiterbahn so angeordnet, dass sie Fehlerströme aufnimmt und/oder elektrische Einkopplungen, die beispielsweise vom Heizer ausgehen können, abschirmt. Für eine wirksame Abschirmung ist eine breite Leiterbahn erforderlich. Durch die Verbreiterung einer Leiterbahn wird aber auch ihre Querschnittsfläche vergrößert. Große Querschnittsflächen haben eine unerwünscht hohe  
25 Wärmeleitung zur Folge. Erfindungsgemäß sind daher Aussparungen vorgesehen, um eine breite Leiterbahn mit vergleichsweise geringer Querschnittsfläche zu realisieren. Unter der Breite  $b$  der Leiterbahn ist die Ausdehnung der Leiterbahn in einer Richtung senkrecht zu ihrer Längserstreckung und parallel zur Großfläche des Sensorelements zu verstehen. Die Breite  $b$  bezeichnet den Abstand der Begrenzung der Leiterbahn in der genannten Richtung  
30 und ist damit für eine Leiterbahn mit oder ohne Aussparungen bei identischer Außenkontur gleich. Dagegen verringert sich die Querschnittsfläche  $A$  durch das Einbringen von Aussparungen. Da die Aussparungen nur einen geringen Einfluss auf die Güte der Abschirmung haben, ist die Abschirmung einer Leiterbahn mit Aussparungen (bei gleicher Breite  $b$ ) vergleichbar mit einer Leiterbahn ohne Aussparungen. Da sich aber durch das Einbringen der

Aussparungen die Querschnittsfläche A deutlich verringert, ist die Wärmeleitung bei einer Leiterbahn mit Aussparungen deutlich geringer als bei einer Leiterbahn ohne Aussparungen. Vorteilhaft ist im Bereich der Aussparung das Verhältnis  $A/b \leq 0,1$  mm, vorzugsweise  $A/b \leq 0,02$  mm, erfüllt, mit dem eine gute Abschirmung bei geringer Wärmeleitung erreicht werden  
5 kann.

Ebenfalls vorteilhaft ist das Verhältnis  $b/c \leq 0,8$ , vorzugsweise  $b/c \leq 0,5$ , erfüllt, wobei b wiederum die (Gesamt-)Breite der Leiterbahn angibt, während c die Summe der Breiten der einzelnen Abschnitte der Leiterbahn bezeichnet, die durch die Aussparung beziehungsweise  
10 die Aussparungen unterbrochen sind. Vorteilhaft liegt die Höhe der Leiterbahn, also die Ausdehnung der Leiterbahn in der Richtung senkrecht zur Großfläche des Sensorelements, im Bereich von 4 bis 20  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise im Bereich von 5 bis 10  $\mu\text{m}$ .

Bei der erfindungsgemäßen Leiterbahn mit einer Verengung ist zudem vorteilhaft, dass eine  
15 Gasdiffusion entlang der Leiterbahn vermindert wird. Durch eine Leiterbahn mit offener Porosität kann Referenzgas in den Messgasraum eindringen, was zu einer Verfälschung des Messsignals führt. Durch die Verengung wird der Leiterbahnquerschnitt vermindert und damit der Gasfluss durch die Leiterbahn eingeschränkt. Besonders vorteilhaft umfasst die Leiterbahn einen Bereich, in dem zusätzlich die Gasdiffusion pro Flächeneinheit deutlich eingeschränkt oder ganz unterbunden ist, beispielsweise indem in diesem Bereich eine Struktur mit  
20 geschlossenen Poren oder ohne Poren vorgesehen ist. Mit dieser Maßnahme kann wirkungsvoll verhindert werden, dass ein Gas mit einem hohen Sauerstoffanteil aus dem anschlussseitigen Endabschnitt des Sensorelements über die Leiterbahn in den Messgasraum gelangt. Üblicherweise enthält die Leiterbahn einen metallischen Anteil, beispielsweise Platin, und  
25 einen keramischen Anteil, beispielsweise mit Yttriumoxid stabilisiertes Zirkonoxid. Durch eine Verminderung des keramischen Anteils wird der Porenanteil verkleinert beziehungsweise ein Bereich mit geschlossener Porosität bereitgestellt. Der Bereich der Leiterbahn, in dem die Gasdiffusion deutlich eingeschränkt oder ganz unterbunden ist, ist vorteilhaft direkt benachbart zum Messgasraum vorgesehen und gegenüber der Gesamtlänge der Leiterbahn  
30 kurz ausgeführt.

Bei einer alternativen Ausführungsform der Erfindung, die auch unabhängig von den vorgenannten Maßnahmen realisiert werden kann, weist die vollständig im Messbereich liegende Elektrode einen ersten und einen zweiten Elektrodenabschnitt auf, wobei der erste Elektro-

denabschnitt in dem Übergangsbereich zwischen dem Messbereich und dem Zuleitungsbereich mit der Elektrodenzuleitung elektrisch kontaktiert ist, und wobei der zweite Elektrodenabschnitt und der erste Elektrodenabschnitt nur auf ihren dem Zuleitungsbereich abgewandten Seiten miteinander elektrisch verbunden sind. Bei einer derartigen Anordnung kann der Wärmefluss aus dem zweiten Elektrodenabschnitt zu der Zuleitung der Leiterbahn nur über den ersten Elektrodenabschnitt erfolgen. Damit wird der Wärmefluss insbesondere aus dem zweiten Elektrodenabschnitt in die Zuleitung vermindert, ohne dass die Messfunktion der Elektrode (beispielsweise durch eine Verminderung der Fläche der Elektrode) verschlechtert wird.

10

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung.

### Zeichnung

15

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Die Figur 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Sensorelement im Längsschnitt, die Figur 2 zeigt Heizleistung und Temperaturverteilung entlang einer Achse parallel zur Längsachse des Sensorelements, die Figur 3 zeigt das erfindungsgemäße Sensorelement im Querschnitt entlang der Linie III – III in Figur 1, die Figur 4 zeigt eine Ausführungsform einer Leiterbahn des erfindungsgemäßen Sensorelements in Aufsicht, die Figur 5 zeigt die Leiterbahn in Schnittdarstellung gemäß der Linie V – V in Figur 4, und die Figuren 6 bis 11 zeigen weitere Ausführungsformen einer Leiterbahn des erfindungsgemäßen Sensorelements in Aufsicht.

25

### Beschreibung

Die Figuren 1 und 3 zeigen als Ausführungsbeispiel der Erfindung ein Sensorelement 10 mit einer ersten Festelektrolytschicht 21, einer zweiten Festelektrolytschicht 22 und einer dritten Festelektrolytschicht 23. Zwischen der ersten und der zweiten Festelektrolytschicht 21, 22 ist ein hohlzylindrischer Messgasraum 41 vorgesehen, in dessen Mitte eine hohlzylindrische Diffusionsbarriere 42 angeordnet ist. In die erste Festelektrolytschicht 21 ist eine Gaszutrittsöffnung 43 eingebracht, durch die das außerhalb des Sensorelements 10 befindliche



Messgas über die Diffusionsbarriere 42 in den Messgasraum 41 gelangen kann. Der Messgasraum 41 wird von einem Dichtrahmen 47 umgeben, durch den der Messgasraum 41 seitlich gasdicht abgedichtet ist.

- 5 Das Sensorelement 10 weist einen beheizten Messbereich 11 und einen Zuleitungsbereich 12 auf. Der Bereich zwischen dem Messbereich 11 und dem Zuleitungsbereich 12 wird als Übergangsbereich 13 bezeichnet. Die Beheizung des Messbereichs 11 durch ein Heizelement 51 wird im weiteren detaillierter beschrieben (siehe Figur 2).
- 10 Auf der eine Außenfläche des Sensorelements 10 bildenden Seite der ersten Festelektrolytschicht 21 ist eine erste Leiterbahn 31 angeordnet, die eine erste Elektrode 31a und eine erste Zuleitung 31b zur ersten Elektrode 31a umfasst. Die erste Leiterbahn 31 ist mit einer porösen Schutzschicht 46 abgedeckt. Zwischen der ersten Zuleitung 31b und der ersten Festelektrolytschicht 21 ist weiterhin eine elektrisch isolierende Isolationsschicht 45 vorgesehen.
- 15 Zwischen der ersten und der zweiten Festelektrolytschicht 21, 22 ist eine zweite Leiterbahn 32 aufgebracht, die eine zweite, im Messgasraum 41 angeordnete Elektrode 32a und eine zweite Zuleitung 32b umfasst. Die zweite Elektrode 32a ist der ersten Elektrode 31a gegenüberliegend auf der ersten Festelektrolytschicht 21 aufgebracht. Auf der der ersten
- 20 Festelektrolytschicht 21 zugewandten Seite der zweiten Festelektrolytschicht 22 ist eine dritte Leiterbahn 33 angeordnet, die eine dritte Elektrode 33a und eine dritte Zuleitung 33b umfasst. Die dritte Elektrode 33a ist im Messgasraum 41 gegenüber der zweiten Elektrode 32a angeordnet. Die zweite Elektrode 32a ist durch eine Durchführung 39 mit der dritten Zuleitung 33b elektrisch verbunden. Die Durchführung 39 kann auch seitlich neben der in
- 25 Figur 1 dargestellten Schnittebene vorgesehen sein, so dass eine im folgenden näher beschriebene vierte Elektrode 34a näher beim Messgasraum 41 und bei der zweiten und dritten Elektrode 32a, 33a angeordnet werden kann. Die erste, die zweite und die dritte Elektrode 31a, 32a, 33a sind jeweils ringförmig gestaltet. In der Mitte der ringförmigen Elektroden 31a, 32a, 33a liegt die Diffusionsbarriere 42 und die Gaszutrittsöffnung 43.
- 30 Benachbart zur zweiten Elektrode 32a ist auf der ersten Festelektrolytschicht 21 eine vierte Leiterbahn 34 mit der vierten Elektrode 34a und einer vierten Zuleitung 34b angeordnet. Die vierte Elektrode 34a ist einem Referenzgas ausgesetzt. Das Referenzgas kann beispielsweise in der porösen vierten Leiterbahn 34 und/oder in einer porösen Isolationsschicht 44 vorliegen,

die im Zuleitungsbereich 12 zwischen der dritten Leiterbahn 33 und der vierten Leiterbahn 34 vorgesehen ist.

Durch die Zuleitungen 31b, 33b, 34b sind die Elektroden 31a, 32a, 33a, 34a jeweils mit  
5 Kontaktflächen (nicht dargestellt) elektrisch verbunden, die auf der dem Messbereich 11 abgewandten Seite des Sensorelements 10 vorgesehen ist. Die Kontaktflächen sind jeweils mit Kontaktierungselementen verbunden, über die die Messsignale zu einer externen  
Elektronik geleitet werden (ebenfalls nicht dargestellt). Da die Zuleitung 32b der zweiten  
Elektrode 32a über die Durchführung 39 mit der dritten Zuleitung 33b elektrisch verbunden  
10 ist, weisen die zweite und die dritte Elektrode 32a, 33a bereichsweise eine gemeinsame Zuleitung 33b auf.

Zwischen der zweiten Festelektrolytschicht 22 und einer dritten Festelektrolytschicht 23 ist  
ein Heizelement 51 angeordnet, das einen Heizer 51a und eine Heizerezuleitung 51b umfasst.  
15 Das Heizelement 51 ist in eine Heizerisolation 52 eingebettet, durch die das Heizelement 51 von den umgebenden Festelektrolytschichten 22, 23 elektrisch isoliert ist. Das Heizelement 51 und die Heizerisolation 52 ist seitlich von einem Heizerdichtrahmen 53 umgeben.

In Figur 2 ist schematisch mit Kurve 201 die in der Schichtebene des Heizelements 51  
20 abgegebene Heizleistung 51 sowie mit Kurve 202 der sich aufgrund der Beheizung des Sensorelements 10 in der Schichtebenen zwischen der ersten und der zweiten Festelektrolytschicht 21, 22 ausbildende Temperaturverlauf dargestellt. Auf der Abszisse der Figur 2 ist dabei der Ort entlang der Längserstreckung des Sensorelements 10 gemäß Figur 1 dargestellt, wobei der Nullpunkt der Abszisse beim messgasseitigen Ende des Sensorelements  
25 10 liegt. Der Heizer 51a gibt über seine gesamte Fläche eine nahezu konstante Heizleistung ab, während das Heizelement 51 im Bereich seiner Heizerezuleitung 51b nahezu keine Wärme abgibt. Durch den Heizer 51a werden die zweite und dritte Elektrode 32a, 33a (ebenso wie die erste Elektrode 31a) sowie die Diffusionsbarriere 42 und die Festelektrolytschichten 21, 22 im Messbereich 11 auf eine nahezu konstante Temperatur erhitzt. Die Temperatur des  
30 Sensorelements 10 fällt im Übergangsbereich 13 zwischen dem Messbereich 11 und dem Zuleitungsbereich 12 stark ab. Der Übergangsbereich 13 wird also durch den Bereich gebildet, in dem bei einem beheizten Sensorelement 10 ein hoher Temperaturgradient auftritt.

Die Figur 4 zeigt als erste Ausführungsform der Erfindung eine Leiterbahn 101, die eine Elektrode 101a und eine Zuleitung 101b umfasst, wobei die Elektrode 101a im Messbereich 11 und die Zuleitung 101b im Zuleitungsbereich 12 des Sensorelements 10 angeordnet ist. Die Zuleitung 101b ist auf ihrer der Elektrode 101a zugewandten Seite, also im Übergangsbereich 13, verbreitert ausgestaltet und weist in diesem Bereich 13 eine Verengung 60 mit Aussparungen 61 auf, die eine netzartige Struktur bilden. Die Aussparungen 61 sind bezüglich der Längsachse der Leiterbahn 101 und damit auch bezüglich der Längsachse des Sensorelements 10 zueinander versetzt angeordnet. Durch die Aussparungen 61 wird der Wärmefluss von der Elektrode 101a, die durch den Heizer 51a beheizt wird, in die Zuleitung 101b, also vom Messbereich 11 in den Zuleitungsbereich 12 des Sensorelements 10, vermindert.

Durch die Aussparungen 61 wird die Leiterbahn 101 in der durch die Linie V – V in Figur 4 dargestellten Ebene in voneinander getrennte Leiterbahnabschnitte 105 unterteilt. Der Abstand zweier benachbarter Aussparungen 61 liegt bei ungefähr 200 µm; allgemein hat sich für den Abstand zweier Aussparungen 61 ein Bereich von 100 µm bis 400 µm als geeignet erwiesen. Die Figur 5 zeigt einen Schnitt durch die Leiterbahn 101 im Bereich der Verengung 60 entlang der Linie V – V in Figur 4. Die Gesamtbreite der Leiterbahn 101 entlang dieser Schnittlinie wird durch b gekennzeichnet und liegt beispielsweise bei ungefähr 3,0 mm. Entlang dieser Schnittlinie weist die Leiterbahn 101 fünf Leiterbahnabschnitt 105 auf, die jeweils eine Breite  $c_1$  bis  $c_5$  aufweisen. Die Summe  $c$  der Breiten der einzelnen Teilabschnitte (also  $c = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5$ ) liegt bei 1,5 bis 2,0 mm und damit bei ungefähr 50 bis 66 Prozent der Gesamtbreite  $b$ . Bei einer Schichtdicke  $h$  von beispielsweise 10 µm weisen die Teilabschnitte in der in Figur 14b dargestellten Schnittebene einen Gesamtquerschnitt  $A$  von 0,015 bis 0,02 mm<sup>2</sup> auf, wobei  $A = h(c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5)$ .

Die Figur 6 zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung, bei der die Verengung 60 der Leiterbahn 101 durch schlitzförmig ausgestaltete Aussparungen 62 realisiert ist. Die schlitzförmigen Aussparungen 62 erstrecken sich in der Schichtebene der Leiterbahn 101 senkrecht zur Längsachse des Sensorelements 10. Die Breite der Aussparungen 62 liegt bei 60 bis 80 Prozent der Gesamtbreite der Leiterbahn 101.

Die Figur 7 zeigt eine dritte Ausführungsform der Erfindung, bei der in der Leiterbahn 101 ähnlich wie bei der zweiten Ausführungsform gemäß Figur 6 als Verengung 60 schlitzförmige Aussparungen 62 vorgesehen sind. Die dritte Ausführungsform unterscheidet sich von der

zweiten Ausführungsform durch einen diffusionshemmenden Abschnitt 71, der sich direkt an die Elektrode 101a anschließt und zwischen der Elektrode 101a und der die Aussparungen 62 enthaltenden Zuleitung 101b vorgesehen ist. Der diffusionshemmende Abschnitt 71 weist einen Porenanteil von 4 bis 5 Volumenprozent und eine geschlossenen Porosität, die

5 Elektrode 101a und die Zuleitung 101b einen Porenanteil von 20 bis 30 Volumenprozent und eine offenen Porosität auf. Der keramische Anteil des diffusionshemmenden Abschnitts 71 liegt bei 20 Volumenprozent, der keramische Anteil der Elektrode 101a und der Zuleitung 101b liegt bei 30 Volumenprozent.

10 Die Figur 8 zeigt eine vierte Ausführungsform der Erfindung, bei der die Leiterbahn 101 eine Verengung 60 aufweist, die als Einschnürung 63 ausgebildet ist. Im Unterschied zu den Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 4 bis 7 ist die Verengung also nicht durch eine oder mehrere innerhalb der Leiterbahn 101 vorgesehene Aussparungen 61, 62, sondern durch eine Verringerung der Gesamtbreite der Leiterbahn 101 realisiert. Die Breite der Leiterbahn

15 101 im Bereich der Einschnürung 63 beträgt ungefähr 40 Prozent der Breite der Leiterbahn 101 in den an die Einschnürung 63 angrenzenden Bereichen.

Die Figuren 9 und 10 zeigen eine fünfte und eine sechste Ausführungsform der Erfindung, die wie die vierte Ausführungsform gemäß Figur 8 eine Einschnürung 63 aufweisen. Die fünfte

20 und sechste Ausführungsform der Erfindung unterscheidet sich von den Ausführungsformen gemäß den Figuren 4 bis 8 durch die Ausgestaltung der Elektrode 101a, die einen ersten Abschnitt 81 und einen zweiten Abschnitt 82 aufweist. Der erste Abschnitt 81 der Elektrode 101a ist mit der Zuleitung 101b im Übergangsbereich 13 elektrisch verbunden. Der erste Abschnitt 81 erstreckt sich von der Zuleitung 101b aus über den Bereich der

25 Gaszutrittsöffnung 43 in Richtung des messseitigen Endes des Sensorelements. Der zweite Abschnitt 82 der Elektrode 101a ist ringförmig gestaltet und auf seiner dem Zuleitungsbereich 12 abgewandten Seite mit dem ersten Abschnitt 81 in dem in den Figuren 9 und 10 mit der Bezugsziffer 85 bezeichneten Bereich elektrisch verbunden. Auf seiner dem

30 Zuleitungsbereich 12 zugewandten Seite weist der zweite Abschnitt 82 eine Aussparung 83 auf, in der der erste Abschnitt 81 angeordnet ist. Der erste Abschnitt 81 und der zweite Abschnitt 82 sind auf ihren dem Zuleitungsbereich 12 zugewandten Seiten beabstandet angeordnet und nicht elektrisch verbunden.

Die fünfte und die sechste Ausführungsform der Erfindung gemäß den Figuren 9 und 10 unterscheiden sich in der Gestaltung des ersten Abschnitts 81, der bei Figur 9 als gerade Leiterbahn ausgeführt ist, die eine Aussparung für die Gaszutrittsöffnung 43 aufweist, wobei der Durchmesser dieser Aussparung dem Durchmesser der Gaszutrittsöffnung entspricht. Bei der sechsten Ausführungsform gemäß Figur 10 weist der erste Abschnitt 81 eine die Gaszutrittsöffnung 43 umgebende kreisringförmige Aussparung auf, wobei der Innendurchmesser der kreisringförmigen Aussparung größer ist als der Durchmesser der Gaszutrittsöffnung.

Bei den Ausführungsformen gemäß den Figuren 4 bis 7 weist die Leiterbahn 101 im Übergangsbereich 13 einen vergleichsweise breiten Querschnitt auf, der durch Aussparungen 61, 62 unterbrochen ist. Die im Übergangsbereich 13 breite Leiterbahn 101 wirkt als Abschirmung gegen elektrische Einkopplungen. Besonders wirkungsvoll werden elektrische Einkopplungen abgeschirmt, wenn die größte Abmessung der Aussparungen 61, 62 kleiner ist als der kürzeste Abstand der mit den Aussparungen 61, 62 versehenen Leiterbahn 101 zu der elektrisch einstreuernden Leiterbahn (wie beispielsweise dem Heizer 51a).

Besonders gut geeignet sind die Ausführungsformen gemäß den Figuren 4 bis 7 für die dritte Leiterbahn 33 bei dem in den Figuren 1 und 3 dargestellten Sensorelement 10. Dagegen eignen sich die Ausführungsformen gemäß den Figuren 8 bis 10 besonders gut für die erste Leiterbahn 31 des bei dem in den Figuren 1 und 3 dargestellten Sensorelements 10. Die in den Figuren 4 bis 10 dargestellten Ausführungsformen der Leiterbahn 101 lassen sich jedoch unabhängig von den beschriebenen besonderen Vorteilen aufgrund der verminderten Wärmeleitung und Gasdiffusion für beliebige Leiterbahnen in planaren Abgassensoren einsetzen.

Figur 11 zeigt als siebte Ausführungsform der Erfindung in Aufsicht die zweite Festelektrolytschicht 22 des Sensorelements 10 gemäß den Figuren 1 und 3 sowie die dritte Leiterbahn 33 mit der dritten Elektrode 33a und der dritten Zuleitung 33b. Weiterhin ist gestrichelt die Projektion der vierten Leiterbahn 34 mit der vierten Elektrode 34a und der vierten Zuleitung 34b auf die Zeichnungsebene dargestellt. Die dritte Leiterbahn 33 weist im Übergangsbereich 13 eine Verengung 60 mit einer gitterartigen Struktur 91 auf, die ähnlich wie in Figur 4, aber mit dünneren Leiterbahnabschnitten realisiert ist. Die gitterartige Struktur 91 ist unterbrochen durch einen als Vollfläche ausgebildeten Streifen 92, der entlang der Projektion der Kontur der vierten Leiterbahn 34 auf die Schichtebene der dritten Leiterbahn 33 verläuft. Der Streifen 92 weist eine Breite von mindestens 0,5 mm auf. Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass der

Streifen 92 im Bereich der Ecken 95 der vierten Elektrode 34a eine gegenüber dem Streifen 92 vergrößerte, beispielsweise kreisförmige Vollfläche ausbildet (nicht dargestellt), wobei die Projektion einer Ecke 95 der vierten Elektrode 34a auf die Schichtebene der dritten Leiterbahn 33 den Mittelpunkt der kreisförmigen Vollfläche bildet. Durch den vollflächigen

5 Streifen 92 werden Überschlüge zwischen der vierten Leiterbahn 34 und der dritten Leiterbahn 33 durch die Isolationsschicht 44 hindurch verhindert. Derartige Überschlüge treten bevorzugt bei hohen Feldstärken aus, die sich beispielsweise an den Rändern der vierten Elektrode 34a, insbesondere an deren Ecken 95, ausbilden. Durch den Streifen 92 stehen den Rändern der vierten Elektrode 34a eine Vollfläche gegenüber, an der sich vergleichsweise

10 niedrige Feldstärken ausbilden. Durch diese Maßnahme wird die Wahrscheinlichkeit von Überschlägen durch die Isolationsschicht 44 vermindert.

5

**Ansprüche**

1. Sensorelement (10), insbesondere zum Nachweis einer Gaskomponente in einem Mess-  
gas, vorzugsweise zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in einem Abgas einer  
10 Brennkraftmaschine, mit einer auf einem Festelektrolyten (21, 22) aufgetragenen Leiter-  
bahn (101), die eine in einem Messbereich (11) des Sensorelements (10) vorgesehene  
Elektrode (101a) und eine zur Elektrode (101a) führende, in einem Zuleitungsbereich  
(12) des Sensorelements (10) angeordnete Elektrodenzuleitung (101b) umfasst, wobei  
15 ein Heizelement (51) zur Beheizung des Messbereichs (11) des Sensorelements (10)  
vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterbahn (101) in einem  
Übergangsbereich (13) zwischen dem Messbereich (11) und dem Zuleitungsbereich  
(12) eine Verengung (60) aufweist.
- 20 2. Sensorelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterbahn (101) im  
Bereich der Verengung (60) eine geringere Querschnittsfläche aufweist als in dem der  
Verengung (60) benachbarten Bereich der Leiterbahn (101).
3. Sensorelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass durch die  
25 Verengung (60) die Wärmeleitung entlang der Leiterbahn (101) vom Messbereich (11)  
in den Zuleitungsbereich (12) vermindert ist.
4. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Querschnittsfläche der Leiterbahn (101) im Bereich der Verengung (60)  
30 höchstens 70 Prozent, insbesondere höchstens 50 Prozent, der Querschnittsfläche der  
Leiterbahn (101) in einem der Verengung (60) benachbarten Bereich der Leiterbahn  
(101) beträgt, wobei die Querschnittsfläche in einer Ebene senkrecht zu dem sich bei  
einer Beheizung des Messbereichs (11) in der Leiterbahn (101) ausbildenden

Wärmegradienten liegt.

5. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Verengung (60) das Verhältnis  $A/b \leq 0,1$  mm, vorzugsweise  $A/b \leq 0,02$  mm, erfüllt ist, wobei A die Querschnittsfläche der Leiterbahn (101) in einer Ebene senkrecht zur Längsachse des Sensorelements (10) bezeichnet, und wobei b die Breite der Leiterbahn (101), also die Ausdehnung der Leiterbahn (101) in dieser Ebene in einer Richtung parallel zur Großfläche des Sensorelements (10), bezeichnet.
6. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verengung (60) der Leiterbahn (101) mindestens eine Aussparung (61, 62) umfasst.
7. Sensorelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussparung (62) schlitzförmig ist und eine längere und eine kürzere Seite aufweist, wobei die längere Seite der Aussparung (62) ungefähr senkrecht zur Längserstreckung der Leiterbahn (101) und/oder ungefähr senkrecht zu dem sich aufgrund der Beheizung des Messbereichs (11) in der Leiterbahn (101) ausbildenden Wärmegradienten angeordnet ist.
8. Sensorelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschnitt der Leiterbahn (101) mehrere Aussparungen (61) aufweist, und dass die Leiterbahn (101) im Bereich der Aussparungen (61) eine netzartige Struktur aufweist.
9. Sensorelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussparungen (61) bezüglich der Längsachse der Leiterbahn (101) zueinander versetzt angeordnet sind.
10. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Verengung (60) das Verhältnis  $b/c \leq 0,8$ , vorzugsweise  $b/c \leq 0,5$ , beträgt, wobei b die Breite der Leiterbahn (101), also die Ausdehnung der Leiterbahn (101) in einer Richtung senkrecht zur Längserstreckung der Leiterbahn (101) und parallel zur Großfläche des Sensorelements (10) bezeichnet, und wobei c die Summe der Breiten der einzelnen durch Aussparungen (61, 62) getrennten Leiterbahnabschnitte (105) bezeichnet.



11. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verengung (60) als Einschnürung (63) ausgebildet ist, wobei die Breite der Leiterbahn (101) im Bereich der Einschnürung (63) geringer ist als in den der Einschnürung (63) benachbarten Bereichen der Leiterbahn (101).
- 5
12. Sensorelement nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite der Leiterbahn (101) im Bereich der Einschnürung (63) höchstens 70 Prozent, insbesondere höchstens 50 Prozent, der Breite der Leiterbahn (101) in einem an die Einschnürung (63) angrenzenden Bereich der Leiterbahn (101) beträgt.
- 10
13. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterbahn (101) in einer Schichtebene zwischen einer ersten Festelektrolytfolie (21) und einer zweiten Festelektrolytfolie (22) angeordnet ist.
- 15
14. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe der Leiterbahn (101), also die Ausdehnung der Leiterbahn (101) in der Richtung senkrecht zur Großfläche des Sensorelements (10), im Bereich von 4 bis 20  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise im Bereich von 5 bis 10  $\mu\text{m}$ , liegt.
- 20
15. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement (10) eine erste elektrochemische Zelle aufweist, die eine erste Elektrode (31a), eine zweite Elektrode (32a) und eine zwischen der ersten und der zweiten Elektrode (31a, 32a) angeordnete Festelektrolytfolie (21) umfasst, wobei die erste Elektrode (31a) auf einer Außenfläche des Sensorelements (10) aufgebracht ist, und wobei die zweite Elektrode (32a) in einem innerhalb des Sensorelements (10) angeordneten Messgasraum (41) vorgesehen ist, der über eine Gaszutrittsöffnung (43) und eine Diffusionsbarriere (42) mit dem außerhalb des Sensorelements (10) befindlichen Messgas verbunden ist, und dass das Sensorelement (10) eine zweite elektrochemische Zelle aufweist, die die zweite Elektrode (32a) und/oder eine dritte Elektrode (33a) sowie eine vierte Elektrode (34a) umfasst, wobei die zweite und/oder dritte Elektrode (32a, 33a) durch einen Festelektrolyten (21, 22) elektrisch verbunden sind, wobei die dritte Elektrode (33a) innerhalb des Messgasraums (41) angeordnet ist, wobei die vierte Elektrode (34a) einem Referenzgas ausgesetzt ist, und wobei die eine Verengung (60) aufweisende Leiterbahn (101) die zweite und/oder die dritte Elektrode
- 25
- 30

(32a, 33a) und die dritte Zuleitung (33b) umfasst.

16. Sensorelement nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der die Verengung (60) enthaltende Bereich der Leiterbahn (101) zwischen der vierten Elektrode (34a) und dem Heizelement (51) angeordnet ist, so dass die vierte Elektrode (34a) durch den die Verengung (60) enthaltenden Bereich der Leiterbahn (101) von dem Heizelement (51) elektrisch isoliert und/oder elektrisch abgeschirmt ist.
17. Sensorelement nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Verengung (60) als mindestens eine Aussparung (61, 62) ausgebildet ist.
18. Sensorelement nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterbahn im Bereich der Verengung (60) einen Streifen (92) aufweist, der entlang der Projektion der Kontur der vierten Elektrode (34a) auf die Schichtebene der dritten Elektrode (33a) verläuft.
19. Sensorelement nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite des Streifens (92) mindestens 0,5 mm beträgt.
20. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterbahn (101) einen gasdiffusionshemmenden Abschnitt (71) enthält, durch den der Gasaustausch zwischen der Elektrode (101a) und der Zuleitung (101b) der Leiterbahn (101) verhindert oder zumindest verlangsamt wird.
21. Sensorelement nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Porenanteil des diffusionshemmenden Abschnittes (71) geringer ist als der Porenanteil der Elektrode (101a).
22. Sensorelement nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Porenanteil des diffusionshemmenden Abschnittes (71) im Bereich von 1 bis 10 Volumenprozent, vorzugsweise bei 3 bis 7 Volumenprozent, und dass der Porenanteil der Elektrode (101a) im Bereich von 10 bis 50 Volumenprozent, vorzugsweise bei 20 bis 30 Volumenprozent liegt.

23. Sensorelement nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterbahn (101) einen metallischen Anteil und einen keramischen Anteil aufweist, und dass der keramische Anteil des diffusionshemmenden Abschnitts (71) der Leiterbahn (101) geringer ist als der keramische Anteil der Elektrode (101a) der Leiterbahn (101), wobei insbesondere der keramische Anteil des diffusionshemmenden Abschnitts (71) im Bereich von 10 bis 40 Volumenprozent, vorzugsweise im Bereich von 15 bis 30 Volumenprozent, und der keramische Anteil der Elektrode (101a) im Bereich von 15 bis 50 Volumenprozent, vorzugsweise im Bereich von 20 bis 40 Volumenprozent, liegt.
24. Sensorelement einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (101a) eine offene Porosität und der diffusionshemmenden Abschnitt (71) eine geschlossene Porosität aufweist.
25. Sensorelement (10), insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere zum Nachweis einer Gaskomponente in einem Messgas, vorzugsweise zum Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in einem Abgas einer Brennkraftmaschine, mit einer auf einem Festelektrolyten (21, 22) aufgebrachten Leiterbahn (101), die eine in einem Messbereich (11) des Sensorelements (10) vorgesehene Elektrode (101a) und eine zur Elektrode (101a) führende, in einem Zuleitungsbereich (12) des Sensorelements (10) angeordnete Elektrodenzuleitung (101b) umfasst, wobei ein Heizelement (51) zur Beheizung des Messbereichs (11) des Sensorelements (10) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (101a) einen ersten Elektrodenabschnitt (81) und einen zweiten Elektrodenabschnitt (82) umfasst, wobei der erste Elektrodenabschnitt (81) in einem Übergangsbereich (13) zwischen dem Messbereich (11) und dem Zuleitungsbereich (12) mit der Elektrodenzuleitung (101b) verbunden ist, und wobei der erste und der zweite Elektrodenabschnitt (81, 82) nur auf ihren dem Zuleitungsbereich (12) abgewandten Seiten miteinander elektrisch verbunden (85) sind.
26. Sensorelement nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Elektrodenabschnitt (82) wie ein Kreisring geformt ist und auf seiner dem Zuleitungsbereich (12) zugewandten Seite eine Aussparung (83) aufweist, in der der erste Elektrodenabschnitt (81) angeordnet ist.

27. Sensorelement nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass die den ersten und den zweiten Elektrodenabschnitt (81, 82) aufweisende Elektrode (101a) die erste Elektrode (31a) ist.

1/5

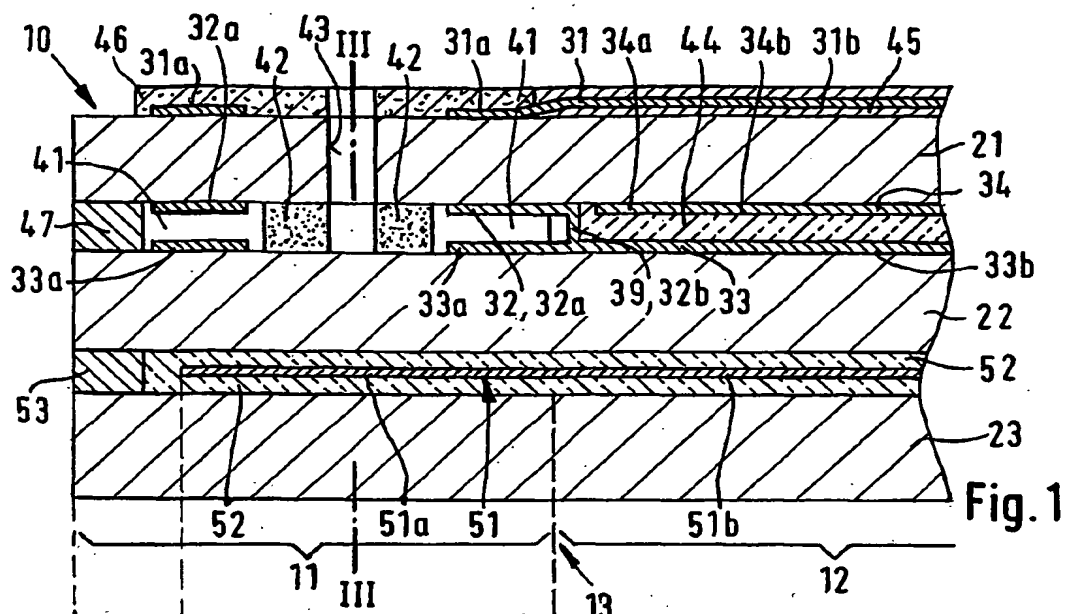


Fig. 1

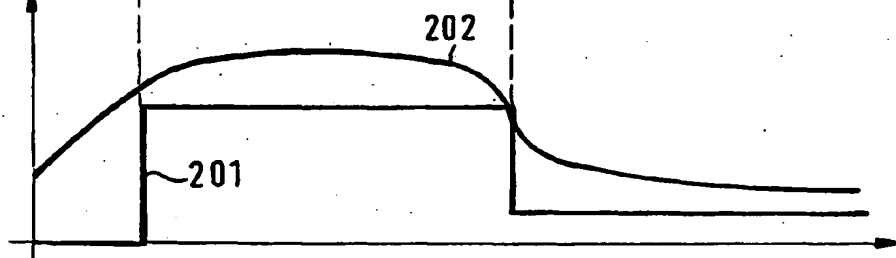


Fig. 2

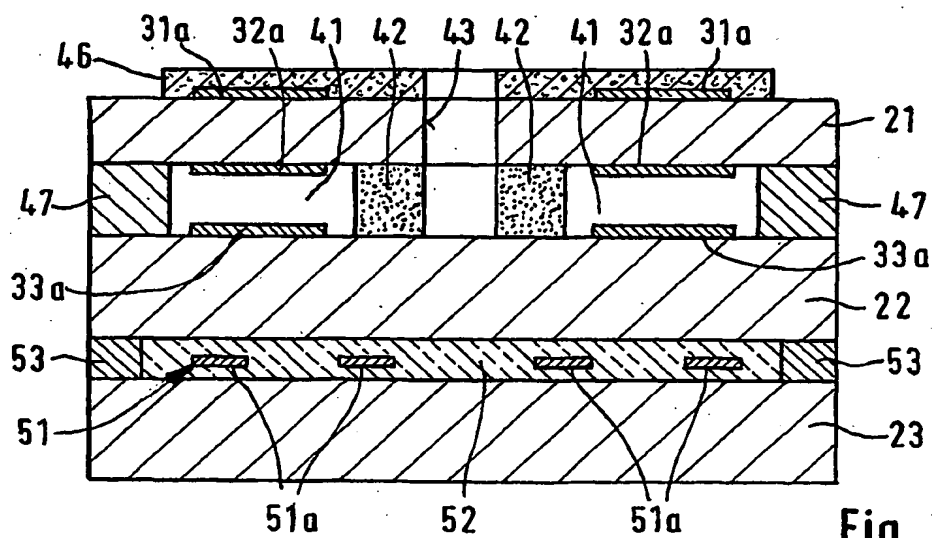
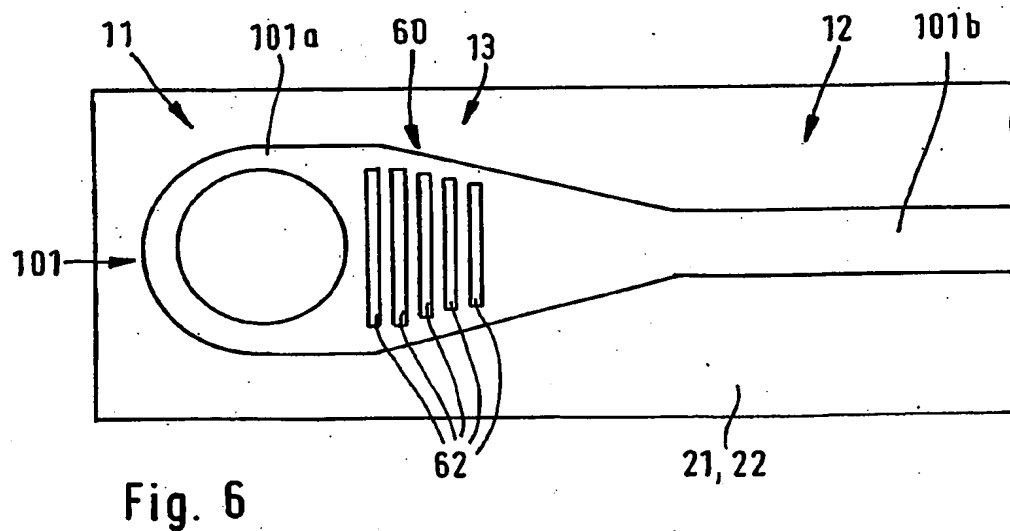
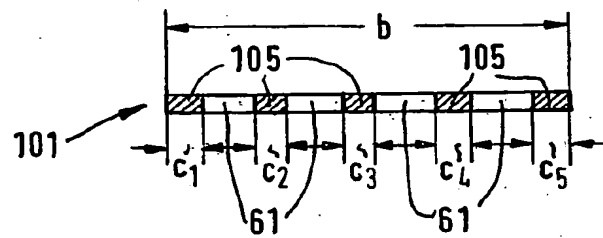
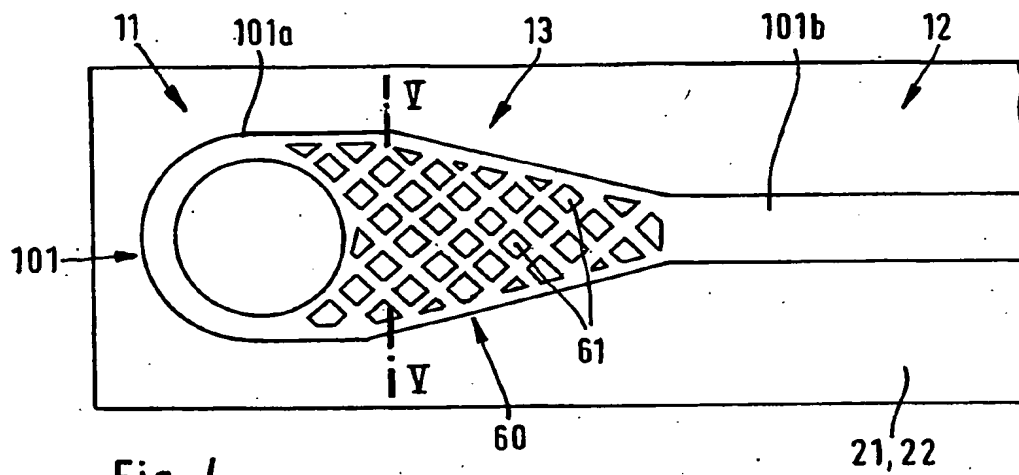
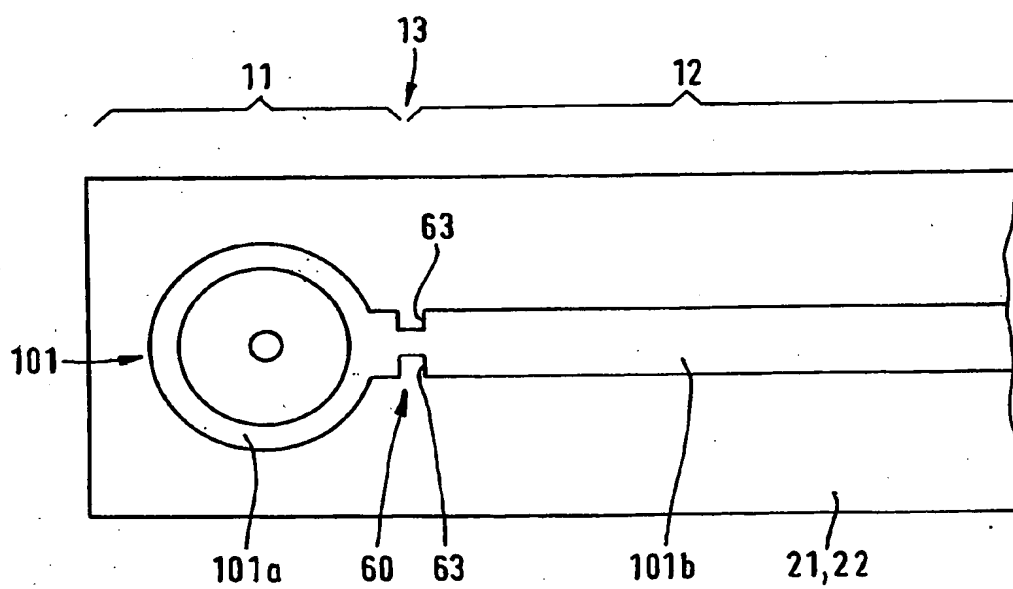
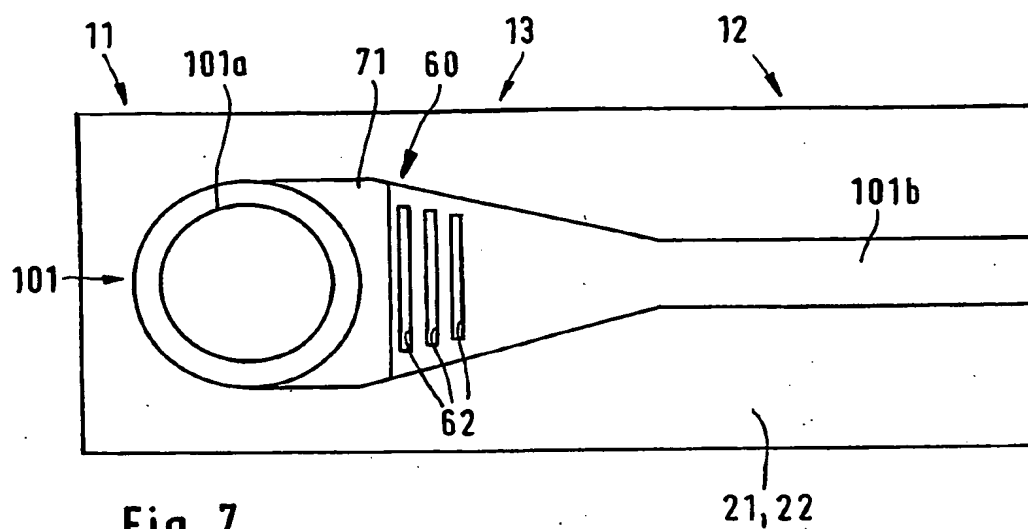


Fig. 3

2 / 5



3/5



4/5

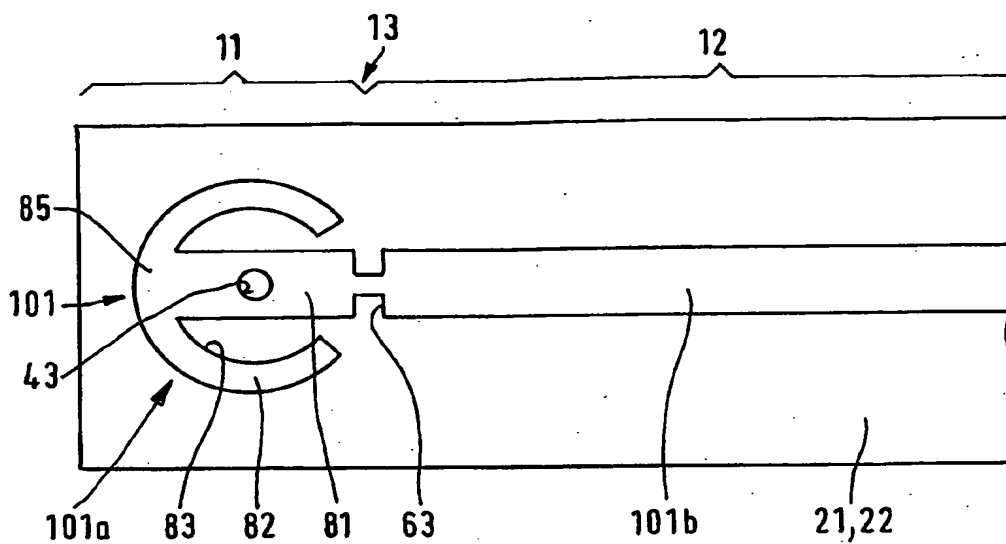


Fig. 9

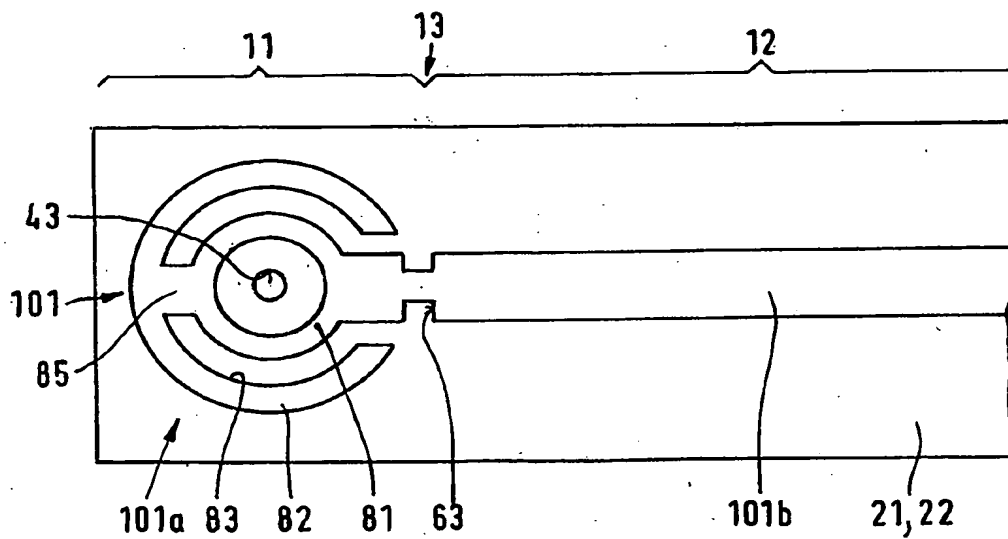


Fig. 10



5/5

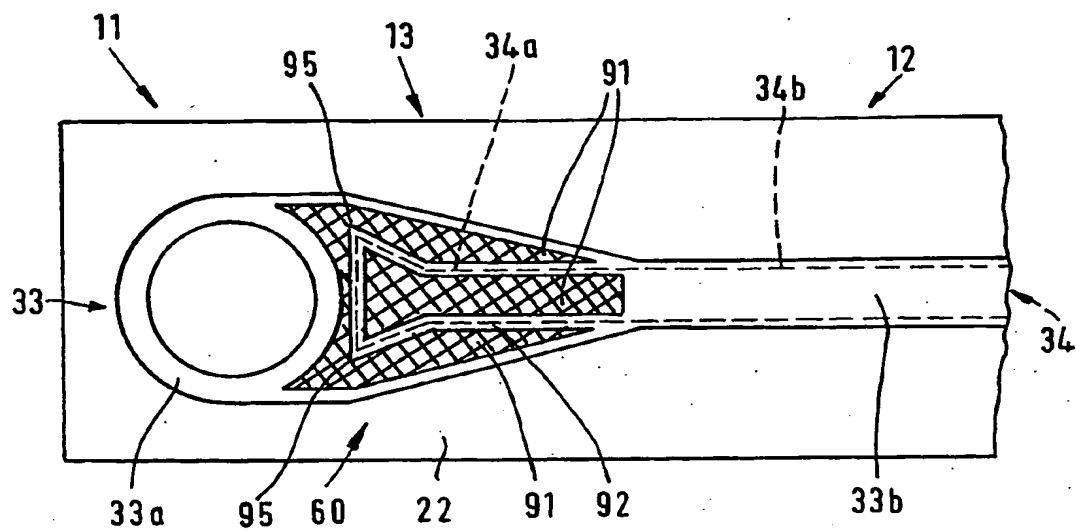


Fig. 11